



**Silencieux réglable pour amortir le bruit d'écoulement du fluide dans les machines à piston.**

M. SIGISMOND WILMAN résidant en France (Seine).

**Demandé le 30 janvier 1960, à 11<sup>h</sup> 22<sup>m</sup>, à Paris.**

Délivré par arrêté du 10 avril 1961.

(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 20 de 1961.)

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

On connaît les silencieux renfermant des organes d'amortissement sonore, plus ou moins mal accordés à des fréquences à amortir.

Ces organes peuvent être constitués par des résonateurs acoustiques, des éléments de déphasage des ondes sonores, membranes élastiques, etc.

Un silencieux de ce genre peut être efficace dans le cas où le constructeur l'a accordé à la bonne fréquence, ce qui est facile pour les moteurs à plusieurs cylindres à grande vitesse de rotation où il suffit d'accorder le silencieux à la fréquence des pulsations, mais ceci n'a pas donné des résultats suffisants en ce qui concerne les machines à un ou à deux cylindres et souvent même les machines à quatre cylindres à faible vitesse de rotation.

L'inventeur a trouvé une règle générale et un système pouvant résoudre cette difficulté.

On amortira notamment, suivant l'invention, en premier lieu, les ondes sonores dont la longueur ne dépend pas de la fréquence des pulsations, mais uniquement de la cylindrée unitaire d'un moteur ou d'un compresseur.

Cette longueur d'onde, pour l'aspiration de moteurs à deux temps ou des compresseurs à piston, conformément à l'invention, sera calculée suivant la formule ci-après :  $L = 20 \log^2 \frac{V-20}{10} + 50$ , avec la tolérance  $\pm 30\%$ . L est la longueur d'onde en centimètres et V la cylindrée d'un seul cylindre en cm<sup>3</sup>.

Pour les moteurs à quatre temps, la formule sera légèrement différente, et notamment :  $L = 30 \log^2 \frac{V-30}{10} + 75$ , et cela, toujours avec une tolérance de  $\pm 30\%$ .

En effet, l'analyse du spectre sonore des différents moteurs ou compresseurs a montré qu'il existe une assez grande dispersion des longueurs d'ondes, ce qui exige cette tolérance, et de ce fait, de part et d'autre de la courbe tracée suivant la formule ci-dessus, il y a un grand nombre de points s'écartant

sensiblement de la courbe. Par exemple, la longueur d'onde à amortir d'un compresseur de 1 litre de cylindrée unitaire, calculée suivant la première formule selon l'invention, est de 130 cm. En réalité, on rencontrera dans la pratique des compresseurs dont l'aspiration crée des ondes sonores de 170 cm de longueur ou de 85 cm de longueur seulement et, en construisant un silencieux accordé à 130 cm, on amortira parfaitement cette longueur d'onde mais, s'il y a des écarts dépassant 30 % par exemple, l'amortissement sera beaucoup moins bon.

La même dispersion existe pour les fréquences plus élevées qu'on peut déceler dans le bruit d'aspiration.

Pour résoudre cette difficulté, l'inventeur prévoit des organes réglables pouvant être accordés, suivant les besoins, sur les différentes longueurs d'ondes comprises dans la gamme des fréquences très larges, pouvant atteindre ou même dépasser une octave, et dont la moyenne se situe approximativement autour du chiffre obtenu en appliquant les deux formules suivant l'invention.

A cet effet, les organes d'amortissement sonore suivant une autre caractéristique de l'invention sont réglables de l'extérieur par le déplacement d'un organe mobile, afin de répondre à un écart de longueur d'onde pouvant être rencontré par rapport à la longueur d'onde moyenne calculée suivant la première caractéristique de l'invention.

On peut également régler les organes d'amortissement sonore par simple remplacement d'un organe par un autre. A cet effet, l'invention prévoit un moyen de remplacement de l'organe pratique et très rapide et son maintien en place par un moyen très simple tel que la pression d'un ressort.

De cette façon, on pourra obtenir, dans tous les cas, l'efficacité maximum du silencieux dont les organes pourront être toujours accordés à des fréquences exactes.

Dans ce cas, si la longueur d'onde moyenne

donnée par la formule est de 130 cm pour une cylindrée de 1 litre, le résonateur acoustique pourra être réglé dans les limites entre 85 et 170 cm et, dans ce cas, même si exceptionnellement on rencontre une onde de 180 cm ou de 80 cm seulement, elle sera quand même amortie avec le résonateur réglé à sa position extrême.

La même chose concerne la deuxième onde à amortir, dont la fréquence est plus élevée, sa longueur d'onde étant sensiblement égale, suivant l'invention, à la moitié de longueur de la première onde; dans l'exemple cité, elle aura environ 65 cm de longueur. Dans ce cas, l'organe réglable pour amortir cette onde pourra être constitué par une paroi réfléchissante distante d'un quart de longueur, c'est-à-dire de 16 cm environ de l'endroit où passent les ondes sonores et réglable par exemple entre 12 cm et 20 cm.

Il est à noter que l'organe d'amortissement sonore peut être également constitué par d'autres moyens que la résonance ou la réflexion. Il peut être constitué notamment, suivant l'invention, par exemple par un conduit souple supporté par une armature rigide, par exemple par un ressort à boudin entouré d'un boyau en matière souple, légèrement poreuse ou imperméable et élastique, dans le genre du caoutchouc synthétique.

Il est à noter également que, si un tel conduit est construit en matière élastique imperméable, il sera accordé suivant l'invention, à la fréquence désirée, par la tension de la paroi parce qu'on sait que, si la paroi est lâche, la vibration propre de celle-ci se fait à une fréquence plus basse tandis que, si elle est tendue, la fréquence propre de la paroi augmente avec le degré de tension. On pourra tendre par exemple la paroi élastique en allongeant le ressort à boudin qui constitue l'armature du conduit élastique. En cas de tension exercée sur un conduit poreux, par exemple un conduit en coton légèrement perméable, l'allongement du ressort à boudin augmentera la porosité de la paroi, et de ce fait, augmentera sa capacité de meilleur amortissement des fréquences plus élevées, car l'inventeur a trouvé que plus le conduit insonorisant est poreux, plus il est capable d'amortir les fréquences élevées, et *vice versa*.

Pour mieux faire comprendre l'objet de l'invention, on décrira ci-dessous trois formes d'exécution de l'invention appliquée à des silencieux d'admission, mais on remarquera que la même méthode de réglage peut être également appliquée aux silencieux de refoulement, bien que les fréquences à amortir peuvent être différentes.

Les figures 1 et 2 représentent, en coupe longitudinale, et à titre indicatif et non limitatif, la première forme d'exécution de l'invention.

La figure 3 montre en coupe longitudinale une autre forme d'exécution, et,

Les figures 4 et 5 montrent une troisième forme

d'exécution représentée respectivement suivant les lignes IV-IV et V-V des figures 5 et 4.

Le silencieux suivant la figure 1 est accordé à la fréquence la plus basse, et la figure 2 représente le même silencieux accordé à la fréquence la plus élevée.

Cet appareil comporte une enveloppe extérieure 1 dans laquelle on peut déplacer une enveloppe intérieure 2 dont l'intérieur forme une chambre de résonance réglable 3, limitée à une de ses extrémités par le fond 4, solidaire d'une tige de réglage 5. Cette tige porte à une extrémité un cône 6, susceptible, lorsqu'on le déplace longitudinalement, de réduire la section de l'orifice de résonance 7, ménagé dans le fond 8 qui est solidaire de l'enveloppe extérieure du silencieux, par l'intermédiaire d'un cylindre perforé 9, pouvant éventuellement supporter une cartouche filtrante, non représentée sur le dessin.

L'entrée de l'air aspiré se fait par le tube 10 dans lequel se trouve un guide 11 permettant le glissement de l'autre extrémité de la tige de réglage 5. Cette tige est immobilisée dans une position choisie, par exemple à l'aide d'un écrou 12. L'aspiration dans le moteur se fait par un tube 13 communiquant avec l'intérieur du cylindre perforé 9.

Les dimensions du silencieux ont été déterminées en fonction de la cylindrée unitaire d'un seul cylindre.

En admettant qu'il s'agisse d'un compresseur de 1 litre de cylindrée, on obtient, en appliquant la formule suivant l'invention ( $L = 20 \log^2 \frac{V-20}{10} + 50$ ) une longueur d'onde principale de 130 cm, qu'on amortira par exemple par résonance, tandis qu'une deuxième onde de 65 cm de longueur pourra être amortie par réflexion. A cet effet, on disposera le fond 4 à une distance moyenne du fond 8 égale à un quart de la longueur d'onde, c'est-à-dire 16 cm environ et, pour avoir une certaine latitude de réglage, en plus ou en moins, on pourra prévoir deux positions extrêmes dont une à une distance de 12 cm et l'autre à 20 cm de l'orifice 7 où passent les ondes sonores.

Le réglage de cette distance se fera à l'aide de la tige 5. En la tirant vers l'extérieur (fig. 2), on fait glisser l'enveloppe cylindrique intérieure 2 autour des rebords du fond 8, et on peut ainsi allonger cette chambre jusqu'à sa longueur limite de 20 cm par exemple. En éloignant ainsi le fond 4, on augmente en même temps le volume de la chambre de résonance 3, et on réduit la section de l'orifice de résonance 7 et, par ces deux moyens, on modifie la fréquence propre du résonateur, laquelle correspond, dans l'exemple cité, à une longueur d'onde moyenne de 130 cm.

En choisissant convenablement le diamètre du silencieux, on pourra obtenir un volume de la chambre 3 et une section de l'orifice 7, tels que la chambre de résonance pourra amortir parfaitement

une onde sonore de 90 cm de longueur dans la position de la figure 1, et de 1,80 m dans la position de la figure 2.

Le sens de circulation de l'air aspiré est indiqué par les flèches.

Le silencieux suivant la figure 3 est également muni de deux organes réglables. Il comporte notamment une enveloppe extérieure 14 renfermant un fond transversal 15 qui divise la capacité du silencieux en deux volumes, dont une chambre de résonance 16, communiquant avec le deuxième volume par un tube court 17, formant un tuyau de résonance dans le prolongement duquel est disposé le tronçon du tube 18, de même diamètre que le précédent, mais beaucoup plus long, et pouvant se déplacer longitudinalement grâce à une tige de guidage 19, actionnée de l'extérieur par l'écrou 20.

Lorsqu'on désire accorder le résonateur à une fréquence plus basse, on rapproche les deux tronçons du tube pour constituer un seul tube de résonance long, et lorsqu'on désire amortir des fréquences de plus en plus élevées, on écarte les deux tronçons de plus en plus, afin que le tube 17 débouche directement dans la chambre 16 par le tronçon court, alors que le tronçon long ne sert absolument à rien.

Lorsque le tube long est plus éloigné, on amortit alors la fréquence la plus élevée.

Le passage d'air de section réglable, entre le tronçon court 17 et le tronçon long 18 du tuyau de résonance, peut être remplacé par une série de trous dans le tronçon long 18 dont l'extrémité arriverait alors jusqu'à la cloison 15 et pourrait tourner sans résistance excessive à l'intérieur du tronçon 17 qui comporterait aussi des trous disposés en regard des trous du tronçon 18. En faisant tourner le tube 18 dans le tube 17, on pourra alors obturer ou découvrir à volonté les trous en réglant ainsi la section de passage et, par suite, accorder le résonateur à la fréquence voulue. Un tel dispositif étant facile à imaginer, il n'a pas été nécessaire d'en représenter un exemple au dessin annexé.

Pour l'amortissement des fréquences encore plus élevées, le silencieux comporte un conduit 21 en matière élastique renfermant un ressort à boudin 22, à pas variable, plus serré à l'entrée d'air atmosphérique 23, et plus écarté à son extrémité opposée 24 où ce ressort est muni d'un étrier 25 supportant une vis 26, à l'aide de laquelle on peut allonger le conduit 21 et, par le même fait, augmenter la tension de la paroi élastique et l'accorder à une fréquence plus élevée.

Le conduit élastique 21 peut être entouré de matière absorbante 27, non tassée, mais disposée d'une façon lâche pour garnir l'espace entre le conduit élastique et le cylindre 28 qui l'entoure. Cette matière empêche la propagation des ondes sonores secondaires provoquées par la vibration de la paroi élastique.

Le silencieux est muni en outre d'une cartouche filtrante 29 et d'un tube d'aspiration 30 disposé dans l'axe du tuyau de résonance 13.

Il est à remarquer que l'écartement croissant entre les spires du ressort permet d'amortir les fréquences de plus en plus basses, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'orifice débouchant dans l'atmosphère, c'est-à-dire qu'on peut amortir des ondes de plus en plus longues, et par conséquent, même si le réglage de tension de la paroi élastique n'existait pas, le conduit suivant l'invention serait capable d'amortir quand même une gamme de fréquences assez étendue. Mais, du fait du réglage de la tension de la paroi élastique, la capacité du dispositif est considérablement améliorée, et il peut amortir une gamme de fréquences très large pouvant atteindre parfois deux octaves.

Pendant le fonctionnement, l'air aspiré suit le parcours indiqué par les flèches, tandis qu'au moins deux ondes sonores correspondant à deux fréquences prédominantes du bruit d'aspiration, sont amorties; l'une par résonance acoustique, l'autre par la vibration des parois du conduit élastique, lequel, le cas échéant, peut être remplacé par un conduit en tissu confectionné en fibres végétales, animales ou synthétiques, et enduit d'une couche de caoutchouc graphité afin de le rendre légèrement perméable. Cette perméabilité augmente avec l'allongement du conduit et modifie ainsi ses caractéristiques acoustiques en l'adaptant mieux à la fréquence à amortir.

Le silencieux suivant les figures 4 et 5 se compose de deux calottes embouties 31 et 32, réunies ensemble par les rebords 33 et 34, l'étanchéité étant assurée par soudure, par collage, par un joint élastique, ou par tout autre moyen approprié.

Le volume ainsi formé est divisé par une cloison 35 en deux chambres, dont la chambre supérieure constitue une chambre de résonance 36 située en dérivation du parcours de l'air tandis que la chambre inférieure 37, parcourue par l'air, renferme un conduit souple 38 en tissu légèrement perméable, supporté par un ressort à boudin 39, ainsi qu'un élément filtrant 40 en tissu, supporté par une armature en ressort à boudin, dont la pression est utilisée pour maintenir en place une plaque de tôle 41 comportant un tube de résonance, ou un ou plusieurs orifices de résonance. L'exemple du dessin montre cette plaque munie de trois orifices de résonance 47.

La plaque 41 et l'élément 40 sont mis en place à travers un large orifice ménagé dans le fond de la calotte inférieure 32 et obturé par un couvercle 42 solidaire du tube d'aspiration 43 muni d'un étrier 44 qui supporte la tige 45 servant à l'assemblage du silencieux à l'aide de l'écrou 46.

Il va de soi que si la plaque 41 comporte un tuyau de résonance assez long et d'un diamètre relativement faible, le résonateur calculé suivant la formule de Helmholtz sera accordé à la fréquence la plus

basse. En augmentant le diamètre du tube, et en réduisant sa longueur, on augmente la fréquence. Si l'on remplace le tube par un simple trou rond, la fréquence sera alors plus élevée, et l'on pourra élever encore davantage la fréquence en augmentant le diamètre du trou central jusqu'à la limite du diamètre maximum en supprimant la plaque 41. Par ce moyen, on peut obtenir une gamme de fréquences dépassant une octave.

Si l'on veut aller au-delà et arriver à atteindre une gamme de fréquence de deux octaves, on mettra une plaque 41 comme indiqué sur le dessin, sur lequel on voit que la somme des diamètres de ses trois trous 47 est supérieure au diamètre de l'alésage après l'enlèvement de la plaque 41.

Puis, pour des fréquences encore plus élevées, on peut monter une plaque munie d'un trou plus petit au milieu, et de six trous qui l'entourent, disposés à 60 degrés, c'est-à-dire ensemble sept trous dont la somme des diamètres dépasse largement la somme des diamètres des trois trous 47 précédemment décrits.

Enfin, on pourra monter une plaque percée de plusieurs trous encore plus petits; plus les trous seront petits et plus leur nombre sera grand, plus la fréquence du résonateur sera élevée, et, théoriquement, il n'y a pas de limite, mais on n'a aucun intérêt à aller au-delà des limites raisonnables pouvant être rencontrées dans la pratique.

Le fonctionnement du silencieux est le suivant : l'air aspiré pénètre dans le conduit souple 38, passe en partie par les porosités du tube, mais, en majeure partie, parcourt le tube sur toute sa longueur, tandis que le son de la fréquence prédominante est amorti par la résonance acoustique dans la chambre 36.

#### RÉSUMÉ

Le silencieux réglable pour amortir le bruit d'écoulement du fluide dans les machines à piston comporte au moins un organe d'amortissement sonore pouvant être accordé à une large gamme de fréquences situées de part et d'autre de la fréquence prédominante.

Cet appareil comporte d'autres caractéristiques considérées séparément ou en combinaison entre elles, ou en combinaison avec d'autres caractéristiques connues ou nouvelles non décrites dans la présente demande :

1° Pour les silencieux d'aspiration de compresseurs à piston ou de moteurs à deux temps, la longueur moyenne de l'onde principale à laquelle est accordé l'organe d'amortissement sonore du silencieux, et qu'on peut régler à volonté dans les deux sens, soit en plus, soit en moins, est définie par la formule  $L = 20 \log^2 \frac{V-20}{10} + 50$ , avec une tolérance de  $\pm 30 \%$ , et pour les moteurs à quatre temps,

cette longueur est :  $L = 30 \log^2 \frac{V-30}{10} + 75$ , où V est la cylindrée d'un seul cylindre;

2° Une deuxième onde sonore, de longueur sensiblement égale à la moitié de la première, sera amortie par un autre organe d'amortissement sonore;

3° Le dispositif d'amortissement sonore est réglable par le déplacement d'un organe mobile commandé de l'extérieur;

4° Le dispositif d'amortissement sonore est réglable par remplacement d'une de ses parties constitutives;

5° L'organe d'amortissement sonore est constitué par un résonateur acoustique;

6° Le réglage du résonateur se fait par la variation de son volume, par la variation de la longueur et de la section du passage ménagé entre la chambre de résonance acoustique et la capacité du silencieux extérieure à cette chambre, ou par la combinaison de deux réglages;

7° La variation de longueur du tuyau de résonance se fait en disposant, dans le prolongement d'un orifice de résonance ou d'un tuyau de résonance très court, un autre tuyau de résonance beaucoup plus long, entre lesquels est ménagé un passage d'air de section réglable;

8° Le réglage de la section de passage entre les deux tronçons du tuyau de résonance se fait par déplacement longitudinal du tronçon long, de façon à pouvoir le rapprocher du tronçon court, pour l'amortissement des ondes plus longues, et l'éloigner pour l'amortissement des ondes plus courtes;

9° Le réglage de la section de passage entre le tronçon court et le tronçon long peut se faire par le mouvement de rotation d'un organe qui obture plus ou moins les orifices disposés à la jonction des deux tronçons;

10° Le réglage du tuyau ou de l'orifice de résonance se fait par remplacement d'une plaque amovible comportant un tuyau de résonance ou un ou plusieurs orifices de résonance;

11° L'organe d'amortissement sonore est constitué par une paroi distante d'un quart de longueur d'onde de l'endroit où passent les ondes sonores, cette paroi pouvant être déplacée de l'extérieur pour l'amortissement des ondes de différentes longueurs;

12° L'organe réglable pour l'amortissement des ondes sonores est constitué par un conduit souple s'appuyant sur un support rigide;

13° Le support rigide du conduit souple est constitué par un ressort à boudin dont l'allongement peut être réglé de l'extérieur;

14° Le pas du ressort ci-dessus peut être variable afin de laisser des écarts variables entre les points d'appui de l'enveloppe souple, ce pas pouvant être croissant dans le sens de l'écoulement du fluide;

15° La paroi du conduit souple, élastique, est imperméable, et l'allongement du ressort commandé

de l'extérieur augmente sa tension et sa fréquence propre de vibration;

16° La paroi du conduit souple, est légèrement perméable, afin de provoquer le passage partiel de l'air à travers la paroi, et supprimer ainsi les nœuds de pression acoustique à l'intérieur du conduit;

17° Le conduit légèrement perméable est constitué par un tissu en fibres végétales, animales ou synthétiques, imprégné de caoutchouc graphité afin de le rendre légèrement poreux;

18° La dilatation de la paroi de passage, afin de la rendre plus poreuse pour l'amortissement des ondes plus courtes, se fait par la traction du ressort à boudin servant d'armature et commandé de l'extérieur.

SIGISMOND WILMAN

Par procuration :

Pierre COLLIGNON

---

Pour la vente des fascicules, s'adresser à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention, Paris (15°).

Fig.1

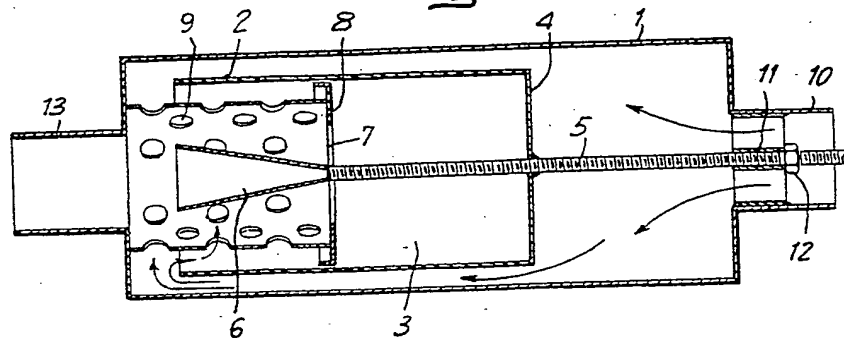


Fig. 2

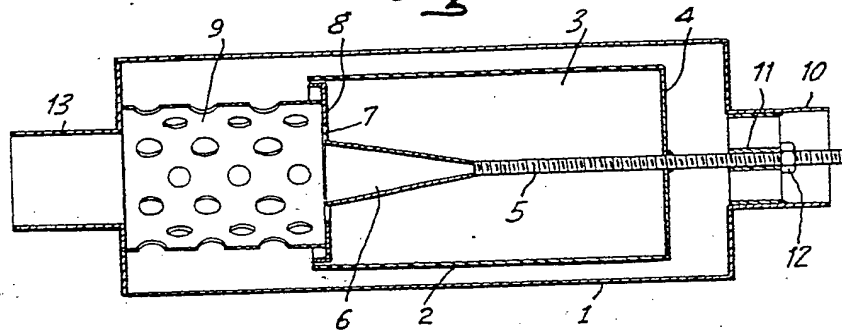
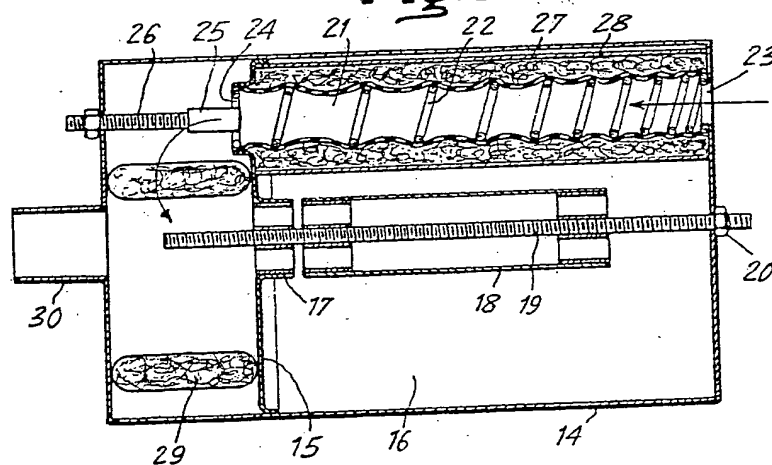
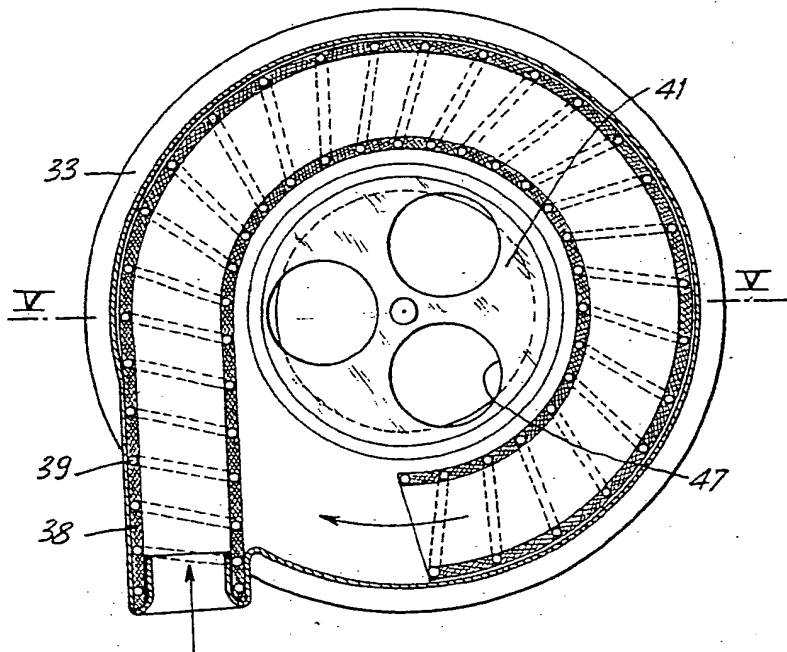


Fig. 3



*Fig. 4*



*Fig. 5*

